

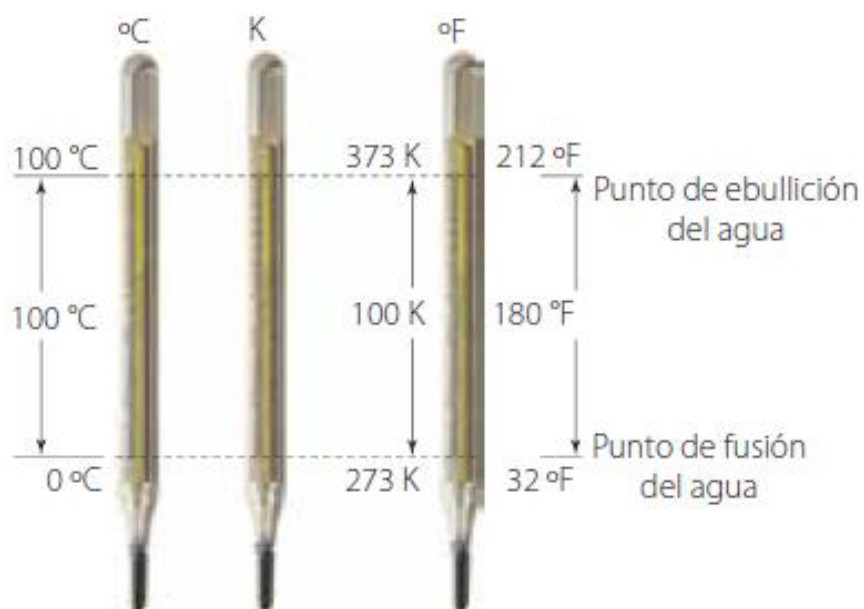


INSTITUCIÓN EDUCATIVA ERNESTO PARODI MEDINA

ÁREA: Ciencias ASIGNATURA: Física TEMA: Equilibrio Térmico

GRADO: 11

DOCENTE: JOEL FERNÁNDEZ VARGAS



Material tomado de:

Física HIPERTEXTO de Santillana 1

Pruebas ICFES

El equilibrio térmico

Como lo hemos enunciado, cuando dos cuerpos se ponen en contacto a diferente temperatura, después de determinado tiempo alcanzan la misma temperatura. En este caso se dice que los dos objetos alcanzan el equilibrio térmico.

Si los cuerpos en contacto no están a la misma temperatura es porque no han alcanzado el equilibrio térmico.

Durante el tiempo que transcurre mientras los dos cuerpos alcanzan el equilibrio térmico se transfiere calor desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el cuerpo de menor temperatura.

Es decir, que el cuerpo cuya temperatura inicialmente era menor absorbe una cantidad de calor Q_{abs} igual en valor absoluto, aunque de diferente signo, que la cantidad de calor que cede Q_{ced} el cuerpo que cuya temperatura inicialmente era mayor. Por ende, tenemos:

$$Q_{abs} = -Q_{ced}$$

EJEMPLO

Para calcular el calor específico del plomo se toma una pieza de 100 g de dicho metal a temperatura de 97 °C y se introduce en 200 cm³ de agua a 8 °C contenidos en un vaso de icopor, el cual es aislante. Una vez agitada el agua con la pieza de metal en su interior, la temperatura se estabiliza en 9,4 °C. Calcular el calor específico del plomo.

Solución:

La masa de 200 cm³ de agua es 200 g, debido a que la densidad de agua es 1 g/cm³. El calor absorbido por el agua, Q_{abs} , es:

$$Q_{abs} = m_{agua} \cdot c_{e_{agua}} \cdot (T_f - T_i)$$

$$Q_{abs} = 200 \text{ g} \cdot 1 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)} \cdot (9,4^\circ\text{C} - 8^\circ\text{C}) = 280 \text{ cal}$$

Para el calor cedido por el plomo, Q_{ced} , tenemos:

$$Q_{ced} = m_{plomo} \cdot c_{e_{plomo}} \cdot (T_f - T_i)$$

$$Q_{ced} = 100 \text{ g} \cdot c_{e_{plomo}} \cdot (9,4^\circ\text{C} - 97^\circ\text{C})$$

$$Q_{ced} = -8,76 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot c_{e_{plomo}}$$

Puesto que:

$$Q_{abs} = -Q_{ced}$$

$$280 \text{ cal} = 8,76 \text{ g} \cdot ^\circ\text{C} \cdot c_{e_{plomo}} \quad \text{Al remplazar}$$

$$c_{e_{plomo}} = 0,032 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$$

El calor específico del plomo es 0,032 cal/(g · °C).

Podemos observar que aunque el calor absorbido, en valor absoluto, es igual al calor cedido, los cambios de temperatura para las dos sustancias son diferentes.

La transmisión del calor

Cuando hay una diferencia en la temperatura de dos cuerpos o entre dos partes del mismo cuerpo, se establece espontáneamente transmisión de calor que puede producirse por conducción, por convección o por radiación, A continuación estudiamos estas diferentes formas de transmisión del calor.

Conducción del calor

La conducción del calor es la forma en que el calor se transmite en los cuerpos sólidos. Es importante tener en cuenta que la transmisión de calor por conducción a través de un cuerpo no implica transporte de materia a lo largo del cuerpo.

Esta forma de transmisión del calor se puede experimentar cuando colocamos al fuego uno de los extremos de una varilla metálica; después de un tiempo, en realidad bastante corto, la temperatura del otro extremo de la varilla aumenta.

Tabla 8.2

Sustancia	Aluminio	Cobre	Plata	Asbesto	Losa	Corcho	Vacío	Vidrio Pyrex
cal/cm · s · °C	0,5	0,92	1	1,4 · 10 ⁻³	1,6 · 10 ⁻³	1,0 · 10 ⁻⁴	0	2,6 · 10 ⁻³



Figura 8. Las corrientes de convección se forman, porque las partículas de aire cercanas a la superficie terrestre se calientan y ascienden.

De igual manera, si en el interior se deposita una sustancia a baja temperatura, la transmisión de calor por conducción del exterior hacia el interior es mínima. Así se logra que la variación de la temperatura de la sustancia sea mínima.

EJEMPLO

El vidrio de una ventana de un edificio mide 2 metros de ancho por 6 metros de largo y tiene un espesor de 0,5 cm. Si la temperatura de la superficie exterior del vidrio es 30 °C y la temperatura de la superficie interior es 20 °C, calcular el calor que se propaga a través del vidrio durante 10 segundos, suponiendo que se trata de vidrio Pyrex.

Solución:

El área a través del cual fluye el calor es:

$$A = 200 \text{ cm} \cdot 600 \text{ cm} = 1,2 \cdot 10^5 \text{ cm}^2$$

Para la rapidez con la cual se propaga el calor a través del vidrio tenemos:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{k \cdot A \cdot (T_1 - T_2)}{e}$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{(2,6 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C})(1,2 \cdot 10^5 \text{ cm}^2)(30 ^\circ\text{C} - 20 ^\circ\text{C})}{0,5 \text{ cm}}$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 6.240 \text{ cal/s}$$

El calor que fluye a través del vidrio durante 10 segundos es
 $6.240 \text{ cal/s} \cdot 10 \text{ s} = 62.400 \text{ cal}.$

Convección del calor

La convección del calor es la forma en que el calor se propaga en los líquidos y en los gases. Es importante tener en cuenta que la transmisión de calor por convección implica transporte de materia.

Esta forma de transmisión del calor se puede experimentar cuando colocamos las manos cerca de la parte superior de una superficie caliente y experimentamos un aumento en la temperatura.

El proceso de transmisión del calor se presenta cuando al calentarse el aire cercano a la superficie terrestre, su temperatura aumenta y, en consecuencia, su densidad disminuye, esto ocasiona que dichas partículas asciendan y aquellas partículas de aire a menor temperatura descienden, generando de esta manera corrientes de convección (figura 8).

1.4.3 Radiación del calor

La radiación del calor es la forma en que el calor se transmite aun cuando no haya medio material. Este tipo de transmisión se produce mediante la propagación de ondas electromagnéticas como la luz, la radiación infrarroja y la radiación ultravioleta.

En este proceso de transmisión del calor, al incidir las ondas electromagnéticas sobre un cuerpo pueden agitar las partículas cargadas eléctricamente de su interior y, de esta manera, transferir energía, lo cual se manifiesta como un aumento de temperatura.

La energía transportada por un tipo de ondas electromagnéticas depende de la naturaleza de las mismas. Así, las ondas ultravioleta son más energéticas que las de luz visible y éstas a su vez son más energéticas que las ondas de radiación infrarroja.

Mediante esta forma de transmisión se propaga el calor proveniente del Sol, a pesar de que entre él y la atmósfera terrestre no hay una sustancia que permita su difusión por conducción o por convección, debido a que en el espacio exterior a la atmósfera, las partículas son muy escasas.

La dilatación

Al aumentar la temperatura de una sustancia, sea un sólido, líquido o un gas, aumenta también el movimiento de las moléculas que la forman, generando cierta separación entre sí. Esto provoca que dicha sustancia, por lo general, presente un aumento en su volumen en relación con su volumen original, es decir, que se dilate. En el caso contrario, es decir, en una disminución de temperatura, las moléculas se acercan y se reduce el tamaño de la sustancia, fenómeno denominado contracción.

La dilatación se evidencia en algunas grietas que aparecen en las carreteras por efecto de la absorción de calor por parte del asfalto en épocas de verano, o en la ascensión del mercurio por el tubo del termómetro cuando aumenta la temperatura.

En el diseño de los puentes, los ingenieros deben tener en cuenta la dilatación de los materiales utilizados para su construcción, razón por la cual se les acondicionan juntas para que en el proceso de dilatación por aumento de la temperatura no se produzcan tensiones que puedan ocasionar daños en la estructura.

Dilatación en sólidos

La dilatación en un sólido se presenta en sus tres dimensiones, por tanto, se puede considerar la **dilatación lineal**, la **dilatación superficial** y la **dilatación volumétrica**.

Dilatación lineal

Cuando una varilla larga experimenta un aumento de temperatura, también experimenta dilatación en todas las direcciones, sin embargo, el aumento de su longitud es considerablemente mayor que el aumento de su diámetro. Por esta razón, estudiamos lo que se conoce como dilatación lineal.

Consideremos que la longitud de una varilla es L_0 cuando su temperatura es T_0 y que al aumentar la temperatura en ΔT , el aumento de la longitud es ΔL . Es decir, que cuando la temperatura es $T_0 + \Delta T$, la longitud de la varilla es $L_0 + \Delta L$ (figura 9). Con respecto a la dilatación lineal se puede observar que:

- La variación de la longitud ΔL , de una varilla es directamente proporcional al cambio de temperatura ΔT .
- La variación de longitud ΔL es directamente proporcional a la longitud inicial de la varilla, L_0 .

Estas relaciones de proporcionalidad se expresan como:

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

La cantidad α se llama **coeficiente de dilatación lineal** y su valor depende del material del cual está constituida la varilla. Su unidad de medida es el $^{\circ}\text{C}^{-1}$.

En la tabla 8.3, se muestra el coeficiente de dilatación lineal para algunas sustancias.

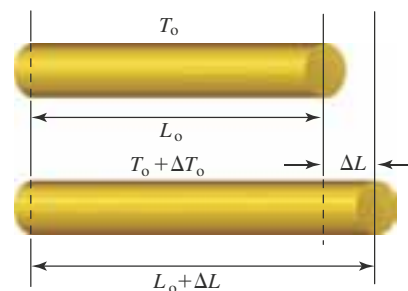


Figura 9. Al aumentar la temperatura de la varilla aumenta su longitud.

Tabla 8.3

Coeficientes de dilatación lineal	
Sustancia	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Acero	$11 \cdot 10^{-6}$
Aluminio	$25 \cdot 10^{-6}$
Cobre	$17 \cdot 10^{-6}$
Hierro	$12 \cdot 10^{-6}$
Vidrio	$9 \cdot 10^{-6}$

EJEMPLO

Un ingeniero proyecta la construcción de un puente de acero de 20 m de longitud. Si la diferencia máxima de temperaturas durante el día es 20 °C, determinar la longitud que debe dejar libre para que el puente se dilate sin deformarse.

Solución:

La longitud que debe dejar libre es igual a la variación de la longitud del puente, por tanto,

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

$$\Delta L = 11 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot 20 \text{ m} \cdot 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 4,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

La longitud que debe dejar libre para que el puente se dilate sin deformarse es $4,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, esto es 4,4 milímetros.

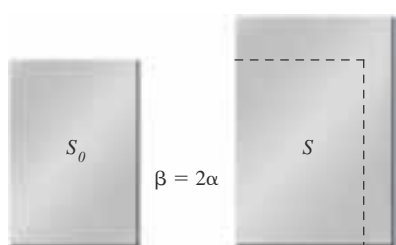


Figura 10. En una lámina, la dilatación superficial afecta las dos dimensiones, largo y ancho.

Dilatación superficial

Si el sólido tiene forma de lámina, la dilatación afecta sus dos dimensiones y se produce dilatación superficial (figura 10). En este caso, la variación del área de la lámina es proporcional al área inicial A_0 y al cambio de temperatura ΔT , por tanto:

$$\Delta A = \beta \cdot A_0 \cdot \Delta T$$

donde para el coeficiente de dilatación superficial β se cumple que $\beta = 2 \cdot \alpha$, siendo α el coeficiente de dilatación lineal.

Dilatación volumétrica

Si ninguna de las dimensiones se destaca sobre las otras, las tres dimensiones se dilatan produciéndose así dilatación cúbica o volumétrica (figura 11).

Consideremos ahora que un cuerpo de volumen V_0 se somete a una variación de temperatura ΔT , entonces la variación del volumen ΔV , es directamente proporcional al cambio de la temperatura y también es directamente proporcional al volumen inicial del cuerpo, V_0 . Esto se expresa como:

$$\Delta V = V_0 \cdot \Delta T$$

La cantidad γ se denomina **coeficiente de dilatación volumétrica** y su valor depende del material del cual está constituido el cuerpo. Se expresa en $^{\circ}\text{C}^{-1}$. En la tabla 8.4, se presenta el coeficiente de dilatación volumétrica para algunas sustancias. El coeficiente de dilatación volumétrica de un material es aproximadamente igual al triple del coeficiente de dilatación lineal, es decir:

$$\gamma = 3\alpha$$

Es importante notar que un recipiente se dilata como si fuera macizo. Por ejemplo la dilatación de un vaso de acero se produce como si el vaso estuviera completamente lleno de acero. Así mismo, si aumentamos la temperatura de una regla de acero, el efecto será semejante al de un aumento fotográfico. Las líneas que estaban igualmente distanciadas seguirán igualmente distanciadas, pero los espacios serán ligeramente mayores. De igual modo, la anchura de la regla será levemente mayor. Si la regla tiene un agujero, este se hará mayor, al igual que ocurriría con una ampliación fotográfica.

Dilatación en líquidos

Cuando se aumenta la temperatura de un líquido se debe tener en cuenta que a la vez que el líquido se dilata, también se dilata el recipiente que lo contiene. Los líquidos tienen mayores coeficientes de dilatación que los sólidos aunque no son constantes: varían con la temperatura. El mercurio es el líquido con coeficiente de dilatación más constante por eso se usa en los termómetros.

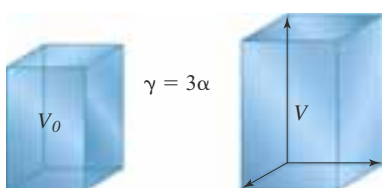


Figura 11. Cuando se dilatan las tres dimensiones de un cuerpo, se tiene dilatación volumétrica.

Tabla 8.4

Coeficientes de dilatación cúbica

Sustancia	$\gamma \text{ (}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{)}$
Amoniaco	$2.450 \cdot 10^{-6}$
Alcohol	$1.100 \cdot 10^{-6}$
Agua	$200 \cdot 10^{-6}$
Glicerina	$500 \cdot 10^{-6}$
Mercurio	$180 \cdot 10^{-6}$

EJEMPLO

Se llena a ras un recipiente de aluminio con 1.000 cm^3 de agua. La temperatura del sistema es 40°C . Si la temperatura disminuye en 15°C , determinar la cantidad de agua que a 15°C debe añadirse para que el recipiente quede nuevamente a ras.

Solución:

Para determinar la variación del volumen del agua tenemos:

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

$$\Delta V = 200 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 1.000 \text{ cm}^3 \cdot (-25^\circ\text{C})$$

$$\Delta V = -5 \text{ cm}^3$$

El volumen del agua disminuye en 5 cm^3 .

Para determinar la variación del volumen del recipiente de aluminio, determinamos el coeficiente

de dilatación volumétrica del aluminio a partir del coeficiente de dilatación lineal,

$$\gamma = 3\alpha = 3 (25 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}) = 75 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

$$\begin{aligned} \Delta V &= 75 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot 1.000 \text{ cm}^3 \cdot (-25^\circ\text{C}) \\ &= -1,9 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

El volumen del recipiente disminuye en $1,9 \text{ cm}^3$.

Por tanto, se deben añadir $3,1 \text{ cm}^3$ de agua.

Aunque la mayoría de las sustancias se dilatan al calentarse, el comportamiento del agua a temperaturas comprendidas entre 0°C y 4°C es diferente. En la figura 12 se puede observar que el volumen es mínimo y por ende la densidad es máxima a 4°C . De esta manera, cuando se aumenta la temperatura de una cantidad de agua cuyo valor está entre 0°C y 4°C , se contrae en lugar de dilatarse. Al introducir agua en un refrigerador, esta se dilata. Si la densidad del hielo fuera mayor que la densidad del agua, el hielo formado en la superficie de lagos y mares se hundiría, dando lugar a una nueva formación de hielo que también se hundiría y como resultado, toda el agua se congelaría y no habría vida acuática.

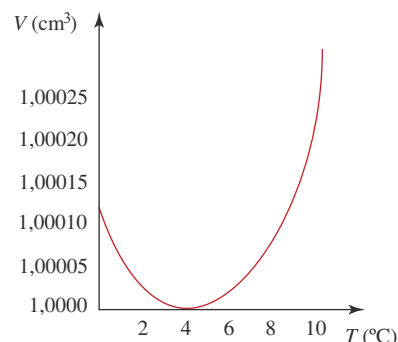


Figura 12. A 4°C el volumen del agua es mínimo y su densidad es máxima.

Taller

1. Una tina contiene 50 L de agua a 70 °C. ¿Cuántos litros de agua a 20 °C tendrás que añadir para que la temperatura final sea de 40 °C?
2. Una tina contiene 50 L de agua a 25 °C. Si el caudal del grifo es de 5 L/min, ¿cuánto tiempo será preciso abrir el grifo para que salga agua caliente a 80 °C y conseguir que la temperatura final del agua sea de 40 °C?
3. ¿En qué punto las escalas de temperatura Celsius y Fahrenheit son iguales?
4. Una varilla de hierro tiene una longitud de 5 m a una temperatura de 15 °C. ¿Cuál será su longitud al aumentar la temperatura a 25 °C?
5. Una vasija de vidrio cuyo volumen es exactamente 1.000 cm³ a 0 °C se llena por completo de mercurio a dicha temperatura. Cuando se calienta la vasija y el mercurio hasta 100 °C se derraman 15,8 cm³ de Hg. Si el coeficiente de dilatación cúbica del mercurio es 0,000182 °C⁻¹, calcula el coeficiente de dilatación lineal del vidrio.
6. Una placa de aluminio tiene un orificio circular de $2,7 \cdot 10^{-5}$ cm de diámetro a 12 °C. Si $\alpha = 24 \cdot 10^{-6} \text{°C}^{-1}$, ¿cuál es el diámetro cuando la temperatura de la placa se eleva a 140 °C?
7. Una arandela de aluminio tiene un diámetro interior de 2,8 cm y uno exterior de 4,3 cm a 0 °C. Si el coeficiente de dilatación lineal del aluminio es de $\alpha = 25 \cdot 10^{-6} \text{°C}^{-1}$, ¿en cuánto cambiará el diámetro de la arandela si la temperatura aumenta a 300 °C?
8. La longitud de un cable de aluminio es de 30 m a 20 °C. Sabiendo que el cable es calentado hasta 60 °C y que el coeficiente de dilatación lineal del aluminio es de $\alpha = 24 \cdot 10^{-6} \text{°C}^{-1}$, determina la longitud final del cable y su dilatación.
9. Una esfera de cobre de coeficiente de dilatación lineal $\alpha = 0,000019 \text{°C}^{-1}$ a 16 °C tiene un radio de 20 mm. ¿A cuántos grados habrá que calentarla para que pase justamente por un anillo de 20,1 mm de radio?
10. Se tiene un calorímetro cuyo equivalente en agua es de 40 g y contiene 60 g de agua a 40 °C. Calcula la temperatura de equilibrio si le agregan 300 g de agua a 100 °C.
11. Al realizar el experimento de Joule, se deja caer una pesa de 10 kg desde una altura de 40 m para mover las aspas del recipiente, el cual contiene 1 kg de agua, inicialmente a 20 °C. ¿Cuál será el aumento de temperatura del agua?
12. Un cuerpo a 20 °C se pone en contacto con otro que se encuentra a 293,15 K. ¿Se producirá un flujo de calor entre los cuerpos?
13. En un recipiente hay 100 g de agua a 20 °C. Se agregan 100 g más de agua caliente, de forma que la mezcla queda a 35 °C. ¿A qué temperatura estaba el agua que se agregó?